

# SINTESIS DE CONTROL ÓPTIMO

**Reinaldo Paganitts Llanes<sup>2</sup>, Hugo Ryckeboer<sup>1</sup>, José A. Rzepa<sup>1</sup>, Ignacio J. Zaradnik<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, UNLaM

<sup>2</sup> Instituto Universitario Escuela Argentina de Negocios.

[carlosfr@usa.net](mailto:carlosfr@usa.net); [h\\_ryckeboer@yahoo.com.ar](mailto:h_ryckeboer@yahoo.com.ar); [tony.rz@gmail.com](mailto:tony.rz@gmail.com); [izaradnik@unlam.edu.ar](mailto:izaradnik@unlam.edu.ar)

## RESUMEN

El teorema de optimalidad de Pontryagin permite deducir condiciones necesarias de un control óptimo. Como no provee condiciones suficientes se debe analizar cada problema para terminar de caracterizar la solución.

La bibliografía existente cubre algunos ejemplos con soluciones con el control recostado contra la frontera.

Para problemas lineales se puede caracterizar por completo la solución. No así en otros.

Este grupo ha comprobado que en algunos problemas las soluciones también asumen puntos interiores del espacio de control y ha desarrollado algoritmos que logran determinar los puntos de conmutación a valores extremos. Han demostrado que la unicidad de la solución está garantizada por propiedades de monotonía.

El objeto de esta línea de investigación es estudiar la posibilidad de caracterizar los problemas que compartan estas propiedades, lo que permitiría aplicar a ellos el algoritmo diseñado.

**Palabras Clave:** *Síntesis de control óptimo, Pontryagin.*

## CONTEXTO

Este proyecto está inscripto dentro de un programa conjunto del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza y la Regional Haedo de la Universidad Tecnológica Nacional: “Creación de un posgrado en Control Automático”.

Con este proyecto se retoman estudios que fueron realizados anteriormente y por varios años en Vialidad Nacional en “Diseño de rasante” y en CITEFA en “Control de Tiro”, insertándolos en un medio académico.

## 1. INTRODUCCIÓN

El dominio de las técnicas de control automático es de un enorme valor para la industrialización del país. Por la fuerte interacción de la electrónica con la informática, el control ha dejado de ser un tema perteneciente exclusivamente a la electrónica. Muchos problemas son de índole matemática y cuando las funciones resultantes son complejas requieren el auxilio de técnicas numéricas.

Dados los inevitables errores en la medición de las variables de estado y de los parámetros del comportamiento de los componentes de los sistemas, es necesario recalcular periódicamente las decisiones de control, lo que lleva a instalar dentro del sistema una capacidad de cómputo.

Se puede señalar también su aplicación a economía y en general a toda actividad donde exista una variable continua de control.

Se puede señalar numerosos artículos que elaboran soluciones a problemas específicos de control, sin recurrir, por no haberlo, a teorías previas de los cuales pudieran considerarse casos particulares.

Los textos [Rautenberg 04], [Naidu 02], [Pontryagin 65] desarrollan ejemplos en los cuales sintetizan las soluciones a la medida del ejemplo sin recurrir a principios generales, salvo para problemas lineales. Por otra parte se limitan a problemas en los cuales la solución se recuesta contra la frontera del espacio de control.

La ausencia de técnicas generales de síntesis se ve confirmado por dos aspectos de una búsqueda con Google. Los artículos que citan a Pontryagin resuelven problemas concretos y no generalizan su técnica de resolución. Muchos autores prefieren optimizar recu-

riendo a programación dinámica en lugar de aplicar el principio de Pontryagin no obstante citarlo, por ejemplo [Ferreira 99].

En un texto moderno [Rautenberg 04] se señala "...carencias que posee la bibliografía en ... la aplicación de métodos de optimización no lineal fundamentados en ... y el principio de Pontryagin."

En la siguiente sección se describe los resultados alcanzados y su prolongación en el proyecto de investigación. En la sección 3 los resultados particulares que se esperan obtener.

## **2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Diversos autores [Sieniutycz 99][Szwast 90] han ensayado técnicas aproximadas para resolver las ecuaciones.

En [Ennis 10] se desarrolla un algoritmo para hallar la solución de un problema no lineal. También con la particularidad poco frecuente de que el control no se recuesta permanentemente contra la frontera de la región admisible.

Allí se desarrolla un método de búsqueda de la solución del cual se demuestra que efectivamente lleva a una solución y también la unicidad de la solución, basándose en propiedades de monotonía de las funciones y cofunciones del problema.

Esta línea parece más promisoría por cuanto alcanza dentro de los errores propios del cálculo numérico soluciones exactas.

A partir de este resultado aparecen como promisorias las siguientes líneas de profundización:

1) Ver si estas propiedades se mantienen cuando hay restricciones en el dominio de las fases.

La unicidad de la solución en el problema ya estudiado era consecuencia de la monotonía en el comportamiento de la integración. Si la fase tiene una cota y la solución la alcanza esto valdría para todas ellas haciéndolas coincidir en la frontera. Sin embargo al haber tenido también desigualdad en las cofunciones antes de

superponerse hace suponer que en algún punto volverán a separarse.

2) Caracterizar si la convexidad de la función de costo es o no un requisito del método. La función de costo utilizada era convexa.

Falta determinar si esa convexidad fue tenida en cuenta o no en los razonamientos.

3) Controles inerciales. Un cambio brusco en el control sólo es realizable si no hay elementos inerciales asociados a su manipulación.

Es conocido el modo de introducir esta característica, se debe introducir una derivada adicional. Esto transforma el problema en uno con restricciones tanto en las fases como en los controles. Será necesario analizar si las propiedades de monotonía se conservan.

## **3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS**

Se espera proveer un grupo humano con la adecuada solvencia en la síntesis de una gran diversidad de problemas de control.

Esto se traducirá en publicaciones que resuelvan problemas modelos de un tenor distinto a los ya publicados:

- Problemas con regiones finitas tanto en el dominio de las fases como de los controles
- Reglas que permitan extender estos resultados a familias de problemas similares.
- Perfeccionamiento de los algoritmos numéricos aplicados, particularmente importante para procesos en tiempo real.

## **4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS**

A través de esta línea de investigación se espera generar temas de tesis para los futuros maestrands del nuevo postgrado en desarrollo. También enriquecerá la enseñanza del postgrado, siendo todos sus alumnos beneficiarios de los logros de este proyecto.

Varios de los investigadores del proyecto se están iniciando en la carrera de investigador y serán los primeros beneficiarios del proyecto.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [Ennis 10] Ennis K., Paganitts Llanes R., Ryckeboer H. Síntesis De Un Control Óptimo, inédito, sujeto a revisión.
- [Ferreira 99] Ferreira G., Pascal J., divulgaciones matemáticas, Vol7, N2 (1999) pp 167-185
- [Naidu 02] Naidu . D. S. Optimal Control Systems, CRC Press, 2002
- [Pontryagin 65] Pontryagin L.S., Boltyanskii V.G., Gamkrelidze R.V., Mishchenko E.F. The Mathematical Theory of Optimal Processes. John Wiley, 3ra. Ed, 65
- [Rautenberg 04] Rautenberg, C.N., D'Attelis C. E. Control lineal avanzado y control óptimo, AADECA 2004.
- [Sieniutycz 99] Sieniutycz, S. and Szwast, Z. (1999). Optimization of multistage end of reversible machines by a Pontryagin's-like Discrete Maximum Principle, Cap 12. en: Ch. Wu (Ed.), Advance in Recent Finite Time Thermodynamics. Nova Science, New York, pp. 221–237.
- [Szwast 90] Szawast, Z. Exergy optimization in a class of drying systems with granular solids, en: S. Sieniutycz and P. Salamon (Eds.), Finite-Time Thermodynamics and Thermoeconomics, Advances in Thermodynamics, vol. 4. Taylor and Francis, New York, pp. 209–248.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.